



(19) RU (11) 2093311 (13) C1

(51) 6 B 22 F 9/14

Комитет Российской Федерации  
по патентам и товарным знакам

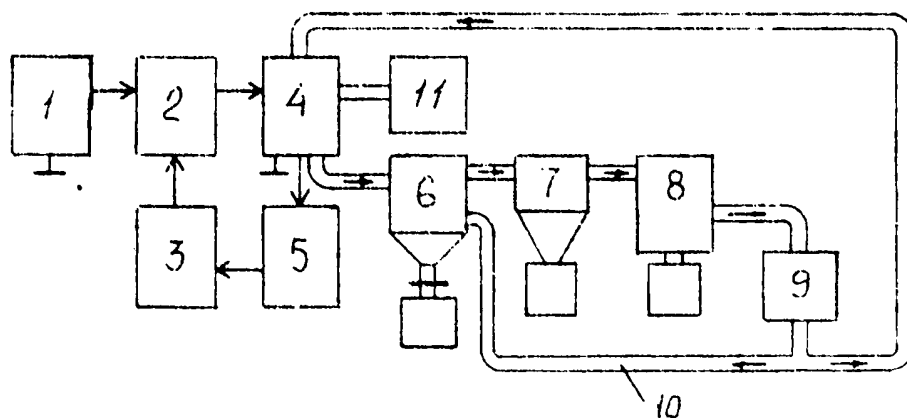
(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**  
к патенту Российской Федерации

1

- (21) 94042588/02 (22) 01.12.94  
(46) 20.10.97 Бюл. № 29  
(72) Котов Юрий Александрович(RU), Бекетов Игорь Валентинович(RU), Саматов Олег Мозгарович(RU), Яковлев Владимир Григорьевич(RU), Селой Валентин Степанович(RU)  
(71) (73) Институт электрофизики Уральского отделения РАН (RU), Исследовательский центр Карлсруэ (DE)  
(56) 1. Приборы для научных исследований. 1970, № 6, с.57 - 62.  
(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ, СПЛАВОВ И ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЗРЫВА ПРОВОЛОКИ  
(57) Изобретение относится к порошковой металлургии, а именно, к получению порошков металлов, сплавов и химических

2

соединений металлов методом ЭВП для использования в производстве металлических, металлокерамических, керамических, композиционных материалов и др. С целью повышения дисперсности получаемого порошка, повышения производительности, снижения энергоемкости процесса и расширения номенклатуры взрывааемых материалов установка, содержащая источник питания электроэнергией с емкостным накопителем, систему коммутации, реактор для взрыва проволоки с высоковольтным и заземленным электродами, механизм подачи проволоки, систему сбора порошка и систему газообеспечения, отличается тем, что емкостной накопитель коммутируется управляемым коммутатором. И в механизм подачи проволоки введен узел деформации, выполненный в виде колец или свободно вращающихся роликов с направляющей канавкой, укреп-



Фиг. 1

RU 2093311 C1

RU 2093311 C1

ленных в обойме, совершающей вращательное движение вокруг оси протяжки проволоки, с помощью стержней, позволяющих перемещать кольца или ролики на заданное расстояние от оси вращения обоймы, а система сбора порошка снабжена циклоном и электрофильтром, имеющими бункера для сбора порошка, вентилятором и классификатором отбойно-вихревого типа, причем в камере классификатора установлен направ-

ляющий усеченный конус, нижнее основание которого имеет зазор со стенкой камеры, а верхнее основание отформовано так, что образует щель, параллельную прорезам ротора классификатора, причем по оси конуса установлен патрубок, подающий газ с исходным порошком из реактора, а бункер для сбора порошка присоединен к дну камеры классификатора посредством трубопровода, снабженного затвором. 3 ил., 1 табл.

Изобретение относится к порошковой металлургии, а именно, к получению порошков металлов, сплавов и химических соединений металлов методом электрического взрыва металлических проволок для использования в производстве металлических, металлокерамических, керамических, композиционных материалов и т.д.

Известен химический реактор, работающий с последовательными многократными электрическими взрывами проволок, включающий герметичную взрывную камеру с высоковольтным и заземленным электродами, в одном из которых имеется отверстие для подачи отрезков взрываемой проволоки, и барабан с шаговым двигателем. По образующей барабана сделаны прорезы, в которые перед началом работы заправляются отрезки проволоки выбранной длины. Барабан размещен в герметичной камере, которая эксцентрично крепится к взрывной камере так, чтобы при повороте барабана на один шаг, прорез в его образующей совпадал с отверстием в электроде взрывной камеры. При этом очередной отрезок проволоки, размещенный в прорезе барабана проваливается в отверстие электрода взрывной камеры, замыкает межэлектродный промежуток и происходит взрыв этого отрезка, т.е. отрезок взрываемой проволоки одновременно служит коммутатором [1].

К недостаткам этого устройства относятся

1. большая трудоемкость, связанная с необходимостью предварительной заготовки отрезков проволоки, их тщательным выпрямлением и установкой в барабан;
2. малый объем получаемого продукта, т.к. после подрыва отрезков, установленных в барабан, необходимо разгерметизировать установку и все операции повторить по п. 1;
3. отсутствие систем для сбора и классификации порошка, т.е. порошок содержит весь набор частиц от ультрадисперсной фракции до несорвавшихся кусков от концов взрываемых отрезков проволоки;
4. использование взрываемой проволоки в качестве коммутатора емкостного накопителя приводит к тому, что высоковольтный электрод в камере всегда находится под высоким напряжением. Это вызывает интенсивное осаждение порошка на изоляторе электрода и быстрый пробой или перекрытие изолятора. Это потребовало от авторов применения очень сложной и дорогой конструкции изолятора.

Наиболее близкой по технической сущности является установка, содержащая источник питания с емкостным накопителем

энергии, присоединенным к высоковольтному электроду камеры-реактора и коммутируемому взрываемой проволокой, камеру-реактор с высоковольтным и заземленным электродами, систему сбора порошка, представляющую собой присоединенный непосредственно к камере бункер для сбора порошка, имеющий затвор для выгрузки, механизм подачи проволоки с катушки в камеру-реактор, систему подачи газа в реактор [2].

К недостаткам установки относятся:

1. использование взрываемого проводника в качестве коммутатора приводит к тому, что на высоковольтном электроде всегда есть высокое напряжение и поскольку устройство не имеет системы постоянного вывода порошка из реактора, то изолятор высоковольтного электрода покрывается слоем металлического порошка, что приводит к возникновению поверхностных разрядов и разрушению материала изолятора.
2. так как установка не имеет системы улавливания порошка, в ходе процесса в газовой среде реактора имеет место высокая концентрация металлических частиц, что в отсутствие системы очистки газовой среды приводит к укрупнению получаемого порошка и возникновению во время взрыва дуговых разрядов, снижающих вводимую в проволочник энергию, а это влечет за собой изменение режима взрыва и влияет на качество получаемого порошка.
3. механизм подачи не содержит узла выпрямления подаваемой в реактор проволоки, что ограничивает ее длину вследствие отклонения от оси, следовательно, снижается производительность установки.
4. установка не содержит узла классификации порошка. Однако, способ электрического взрыва проволоки всегда приводит к получению порошка, включающего частицы с размером  $\geq 1$  мкм, что является следствием менее интенсивного взрыва концов проволоки, чем основной части, из-за перекрытия дугой концов взрываемой проволоки.

Отмеченные недостатки приводят к низкой надежности установки, малой ее производительности и низкому качеству получаемого порошка.

Целью изобретения является повышение надежности установки и качества получаемого продукта (выделением из него фракций с размером более 0,5 мкм), повышение производительности установки, снижение энергоемкости процесса получения порошка и расширение номенклатуры получаемых порошков.

Цель достигается тем, что в установке, содержащей источник питания электроэнергией с емкостным накопителем энергии, систему коммутации, реактор для взрыва проволоки с высоковольтным и заземленным электродами, механизм подачи проволоки, систему сбора порошка и систему газообеспечения, емкостной накопитель коммутируется управляемым коммутатором, а в механизм подачи введен узел деформации проволоки, позволяющий выпрямить проволоку из любого металла и сплава, имеющих различные вязкости и шероховатость поверхности. Выпрямление происходит за счет многократного изгиба проволоки в разных направлениях при протяжке проволоки сквозь вращающуюся вокруг оси проволоки обойму, имеющую специальные кольца или ролики с направляющей канавкой, расположенные на различном расстоянии от оси обоймы и являющиеся опорами для проволоки. За счет малой величины трения, возможности изменения числа колец или роликов и их расстояния от оси, а также за счет изменения скорости вращения обоймы узел деформации не ограничивает скорость подачи проволоки в камеру и не засоряет порошок посторонними примесями материала. Узел деформации успешно испытан при работе с проволоками из Al, Fe, Cu, Ti, Zr, Ni, W, Mo и ряда сплавов.

Кроме того, в систему сбора порошка введены циклон и электрофильтр, снабженные бункерами для порошка, а также вентилятор и классификатор отбойно-вихревого типа [3], соединенные трубопроводами, причем в классификаторе установлены концентрирующий усеченный конус и введенный внутрь его патрубок, подающий рабочий газ с исходным порошком из реактора, и бункер для сбора крупных фракций, присоединенный к нижней части камеры классификатора посредством трубопровода, снабженного затвором, причем, основание конуса имеет со стенкой камеры затвор для выпуска крупных фракций на дно камеры, а вершина конуса отформована так, что образуется щель, направляющая газ с порошком, поступающие из патрубка, на ротор классификатора.

На фиг. 1 представлена схема предлагаемой установки для получения ультрадисперсных порошков металлов, сплавов и химических соединений металлов. Установка содержит источник питания электроэнергией 1, емкостной накопитель 2, систему коммутации 3, реактор 4, механизм подачи проволоки с узлом деформации и измерительным блоком 5, классификатор с бункером 6, циклон с бункером для порошка 7,

электрофильтр с бункером для порошка 8, вентилятор 9, трубопровод для возврата газа в реактор 10 и систему газообеспечения 11.

В предполагаемом изобретении механизм подачи проволоки изолирован от газовой среды взрываемого проводника и выполнен в виде катушки для проволоки, тянущих проволоку роликов и узла деформации проволоки. Узел деформации проволоки (фиг. 2) выполнен в виде колец 1 (фиг. 2а) или вращающихся роликов 6 с направляющей канавкой 7 (фиг. 2б), через которые пропускается проволока 3, укрепленных в обойме 2, совершающей вращательное движение вокруг оси протяжки проволоки. Причем, кольца (ролики) укреплены в обойме 2 на стержнях 4, закрепленных в обойме 2 и перемещающих кольца (ролики) на требуемое расстояние от оси вращения обоймы. Положение колец (роликов) в обойме относительно оси ее вращения определяет кривизну траектории движения проволоки через узел деформации. Обойма с кольцами (роликами) приводится во вращение при помощи двигателя 5. Частота вращения обоймы с кольцами (роликами) и положение колец (роликов) выбирается для каждого металла экспериментальным путем. Причем, на степень выпрямления проволоки наибольшее влияние оказывает положение колец (роликов) в узле деформации. Это позволяет полностью выпрямить проволоку, а также вводить проволоку в реактор через отверстие, диаметр которого равен диаметру проволоки. В реактор проволока вводится через уплотнение, что и позволяет убрать механизм подачи проволоки из газовой среды взрываемого проводника.

На фиг. 3 показано устройство классификатора. Концентрирующий конус 1 представляет собой усеченный конус. Диаметр нижнего основания конуса выбирается таким, чтобы между стенкой камеры 2 и основанием конуса образовался зазор 3, достаточный для беспрепятственного выпуска отделенных крупных фракций порошка в нижнюю часть камеры классификатора. Верхняя часть конуса отформована в виде щели, направленной на ротор классификатора. Ротор приводится во вращение двигателем 5. Для ввода в конус газа с исходным порошком, установлен изогнутый патрубок 6 так, что ось его вертикального участка совпадает с осью конуса. Положение конуса в камере классификатора относительно ротора выбирается экспериментально для каждого получаемого продукта так, чтобы при высокой эффективности отделения крупных фракций обеспечивалась высокая пропускная способ-

ность получаемого порошка в циклон. К нижней части камеры присоединен бункер 7 для сбора отделенных крупных частиц посредством трубопровода 8, снабженного затвором 9. Кроме того, в нижней части камеры классификатора имеются сопла 10, через которые подается газ, отбираемый из трубопровода 10 (фиг. 1) для подъема к ротору ультрадисперсного порошка, ушедшего с крупной фракцией из зоны сепарации.

Установка работает следующим образом.

Источник питания заряжает емкостной накопитель до заданного напряжения, механизм подачи непрерывно подает в реактор проволоку, которая выпрямляется в узле деформации, а измерительным блоком измеряется ее длина. В реакторе проволока устанавливается между двумя электродами: высоковольтным, изолированным от корпуса реактора, и заземленным, соединенным с корпусом. При достижении проволокой высоковольтного электрода в механизме подачи с помощью измерительного блока формируется сигнал для коммутатора, который срабатывает и к взрываемому проводнику подводится напряжение емкостного накопителя. В результате разряда емкостного накопителя через установленный в реакторе проводник происходит взрыв последнего с образованием порошка. Для получения порошков активных металлов в установку закачивается нейтральный газ, например, аргон. Если требуется получить нитриды металлов или их оксиды, то в установку закачивается, соответственно, азотосодержащий или кислородосодержащий газ или смесь нейтрального газа с азотом или кислородом.

Порошок в потоке газа выносится в классификатор, в котором отделяются крупные фракции, отводящиеся в бункер. Из классификатора порошок попадает в циклон, который задерживает в свой бункер часть порошка. После циклона оставшийся порошок с потоком газа попадает в электрофильтр, где окончательно оседает и ссыпается в бункер. Очищенный от порошка газ после электрофильтра подается на вход вентилятора, выход которого посредством трубопровода соединен с камерой реактора. Вентилятор необходим для того, чтобы обеспечить требуемую скорость перемещения газа внутри установки (обеспечить требуемый расход газа и его напор).

Испытания установки проводились при получении порошка оксида алюминия. При этом использовалась алюминиевая проволока. Установка предварительно вакуумировалась, а затем заполнялась смесью аргона и кислорода. По мере расхода обеспечивалось натекание газа в реактор. Величина вводимой в проводник энергии определялась по осциллограммам тока через проволоку, а удельная поверхность получаемого порошка методом БЭТ на газометре ГХ-1.

В таблице приведены результаты испытаний предлагаемой установки.

Содержание металлического алюминия во всех готовых партиях порошка N 1-4 не превышает 0,1% вес.

Из Таблицы видно, что применение установки с классификатором предложенной конструкции и снижение энергии, вводимой во взрываемую проволоку, позволяют при незначительных отходах взрываемого металла в виде порошка с размером частиц 0,5-10 мкм частот порошок также является продуктом, но для других задач в 2 раза увеличить удельную поверхность получаемого порошка при одновременном снижении удельных энергозатрат в 5 раз и увеличении производительности установки в 3 раза за счет использования проволоки большей длины и диаметра, что обеспечивает предложенный узел деформации.

При получении ультрадисперсных порошков металлов и сплавов снижение энергозатрат не столь велико, так как приходится работать при энергии, близкой к энергии сублимации. Однако, увеличение производительности остается таким же, как и в приведенном примере, и удельная поверхность порошка возрастает на 30-50%.

#### Литература

1. Chemical Reactor Utilizing Successive Multiple Electrical Explosions of Metal Wires. Rev. Sci. Instr. 41, N 6, pp. 854-859, 1970. Русский перевод в журнале "Приборы для научных исследований", 1970, N 6, стр. 57-62.

2. Патент Японии N 45-52636, 08.03.77, установка для производства порошка. Автор: Сидзе Н.

3. В.Е. Мизонов, С.Г. Ушаков "Аэродинамическая классификация порошков", изд. "Химия", Москва, 1989 г., стр. 57, рис 2.7.

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Установка для получения ультрадисперсных порошков металлов, сплавов и химических соединений методом электрического

взрыва проволоки, содержащая источник питания электроэнергией с емкостным накопителем, систему коммутации, реактор для

взрыва проволоки с высоковольтным и заземленным электродами, механизм подачи проволоки, систему сбора порошка и систему газообеспечения, *отличающаяся* тем, что она снабжена узлом деформации проволоки, циклоном и электрофильтром с бункерами для сбора порошка, вентилятором, классификатором отбойно-вихревого типа и усеченным конусом, установленным в камере классификатора с образованием зазора у нижнего основания со стенкой камеры, а верхнее основание конуса выполнено в виде щели, направленной на rotor классификатора, причем по оси конуса установлен патрубок

для подачи газа с порошком из реактора, а бункер для сбора порошка присоединен к дну камеры классификатора посредством трубопровода с затвором, при этом узел деформации проволоки выполнен в виде колец или свободно вращающихся роликов с направляющей канавкой, укрепленных в обойме, совершающей вращательное движение вокруг оси протяжки проволоки, с помощью стержней для перемещения колец или роликов на заданное расстояние от оси вращения обоймы.

Т а б л и ц а

№ exper	d, мм	l, мм	W/W	S, м <sup>2</sup> /т	S*, м <sup>2</sup> /т	G, кг/час	W МДж/кг
1	0,76	230	0,24	51,7	100	0,88	5,8
2	0,76	230	0,36	50,2	95	1,15	6,0
3	0,76	230	0,51	43,7	62	1,16	7,8
4	0,45	129	1,72	50,2	30,5	0,38	23,7

Обозначения d - диаметр взрываваемой проволоки,

l - длина взрываваемой проволоки,

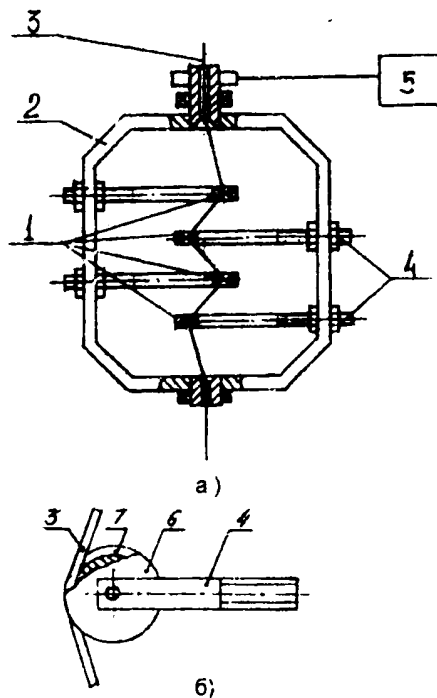
$W_c$  - удельная энергия сублимации взрываваемого металла,  
для алюминия  $W_c = \text{Дж/мм}^3$

W - удельная поверхность получаемого порошка без применения классификатора;

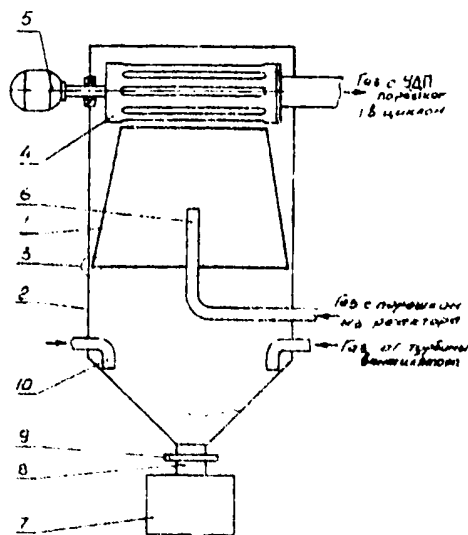
$S^*$  - удельная поверхность получаемого порошка на установке с классификатором предложенной конструкции.

G - производительность установки по готовому продукту.

W - удельные энергизатраты



Фиг. 2



Фиг. 3

Заказ *121873* Полarisное  
 ВНИИПИ, Рег. ЛР № 040720  
 113834, ГСП, Москва, Раушская наб., 4/5  
 121873, Москва, Бережковская наб., 24 стр. 2.  
 Производственное предприятие «Патент»

[seal]

(19) RU (11) 2,093,311 (13) C1  
(51) 6 B 22 F 9/14

Committee of the Russian Federation  
on Patents and Trademarks

(12) **DESCRIPTION OF INVENTION**  
**for Patent of the Russian Federation**

(21) 94042588/02 (22) Dec. 1, 1994

(46) Oct. 20, 1997 Bulletin No. 29

(72) Kotov Yuriy Aleksandrovich (RU), Beketov Igor' Valentinovich (RU) Samatov  
Oleg Mozgarovich (RU), Yakovlev Vladimir Grigor'yevich (RU), Sedoy  
Valentin Stepanovich (RU)

(71) (73) Institute of Electrophysics, Urals Branch of the Russian Academy of  
Sciences (RU), Karlsruhe Research Center (DE)

(56) 1. Pribory dlya nauchnykh issledovaniy, 1970, No. 6, pp. 57-62.

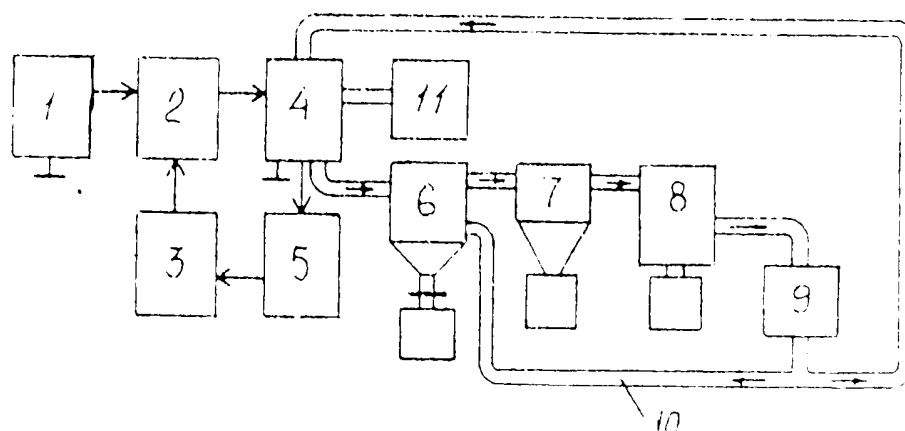
(54) **DEVICE FOR PRODUCING ULTRAFINE POWDERS OF METALS,  
ALLOYS, AND CHEMICAL COMPOUNDS USING ELECTRICAL WIRE  
EXPLOSION**

(57) The invention relates to powder metallurgy, more specifically to the  
production of powders of metals, alloys, and chemical compounds of metals  
using electrical wire explosion, for use in producing metallic, metal-ceramic,  
ceramic, composite materials, etc. In order to increase the degree of dispersion  
of the powder that is produced, to increase productivity, to reduce the energy  
consumption of the process, and to broaden the range of materials that can be  
exploded, a device containing an electrical power supply, a capacitive storage



element, a switching device, a wire exploder with high-voltage and grounded electrodes, a wire feeder, a powder collector, and a gas supply system, is distinguished in that the capacitive storage element is switched using a controlled switch. The wire feeder includes a wire deformer made in the form of rings or freely rotating rollers with a guide groove attached in a frame, performing a rotating motion about the axis of extension of the wire with the help of pistons, making it possible to move the rings or rollers a given distance from the axis of rotation of the frame; the powder collector system is equipped with a cyclone and electrofilter with a bin for collecting the powder, a fan, and a vortex-type classifier, whereby the classifier chamber has a guiding truncated cone, the lower base of which forms a gap with the chamber wall and the upper base is made in such a way as to form a slit parallel to the classifier rotor slots, whereby a pipe is arranged along the axis of the cone, feeding gas with the initial powder from the reactor; the bin used to collect the powder is connected to the bottom of the classifier chamber by a pipe equipped with a fastening device. 3 illustrations, 1 table.

Fig. 1



The invention relates to powder metallurgy, more specifically to the production of powders of metals, alloys, and chemical compounds of metals using electrical wire explosion, for use in producing metallic, metal-ceramic, ceramic, composite materials, etc.

A chemical reactor is known that operates with successive, multiple electrical explosions of metal wires, including a hermetic explosion chamber with a high-voltage and a grounded electrode, one of which has an opening for feeding sections of wire to be exploded, and a drum with a stepper motor. Around the generatrix of the drum there are slots which are filled with sections of wire of the proper length before operation begins. The drum is placed in a hermetic chamber which is eccentrically attached to the explosion chamber in such a way that when the drum rotates by one step, the slot in its generatrix corresponds to the opening in the electrode of the explosion chamber. In the process, the section of wire in question in the slot of the drum falls into the electrode opening of the explosion chamber, covers the interelectrode gap, and this section explodes, i.e. the section of wire also serves as the switch [1].

The disadvantages of this device are as follows:

1. The great difficulty involved in having to first prepare the sections of wire, carefully straighten them, and place them into the drum.
2. The low volume of product produced, since after the sections have exploded the device must be unsealed and the entire operation repeated, as under paragraph 1 above.

3. The absence of systems for collecting and classifying the powder, i.e. the powder contains the entire set of particles from the ultrafine fraction to undivided bits from the ends of the wire sections.

4. Using the exploding wire as the switch for the capacitive storage unit means that the high-voltage electrode in the chamber is always at a high voltage. This causes extensive settling of the powder on the electrode insulator and rapid breakdown or arcing of the insulator. Because of this, the authors had to use a highly complex and expensive insulator design.

Most similar in technical essence is a device containing a power supply with a capacitive energy storage unit connected to the high-voltage electrode of a reactor chamber, switched by an exploding wire, a reactor chamber with a high-voltage and a grounded electrode, a powder collector system comprising a bin connected directly to the chamber by a fastening device for unloading, a wire feeder with a ring for feeding wire into the reactor chamber, and a system for feeding gas into the reactor [2].

The disadvantages of this device are as follows:

1. Using the exploding wire as the switch means that the high-voltage electrode in the chamber is always at a high voltage and since the device does not have a system for continuous removal of the powder from the reactor the high-voltage electrode insulator becomes covered with a layer of metallic powder, which leads to surface discharges and breakdown of the insulator material.

2. Since the device does not have a system for trapping the powder, a high concentration of metallic particles is formed in the gaseous medium which, in the absence of a gas purification system, leads to larger powder sizes and the appearance of arc discharges during the explosion, reducing the energy introduced into the wire. This, in turn, causes a change in the conditions of the explosion and influences the quality of the powder that is formed.

3. The feed mechanism does not contain a straightener for the wire fed into the reactor, which limits the length of the wire, due to deviation from the axis. This reduces the productivity of the device.

4. The device has no powder classifier. But the electrical wire explosion method always produces powder that includes particles measuring  $\geq 1 \text{ m}$ , due to less intense explosion at the ends of the wire than in the main portion of the wire, caused by arcing at the ends.

These disadvantages reduce the reliability of the device, its productivity, and the quality of the powder it produces.

The object of this invention is to increase the reliability of the device and the quality of the product (removal of the fraction greater than  $0.5 \text{ m}$ ), to increase the productivity of the device, reduce the energy consumption of the powder production process, and to broaden the range of powders produced.

This object is achieved in that a device containing an electrical power supply, a capacitive storage element, a switching device, a wire exploder with high-voltage and grounded electrodes, a wire feeder, a powder collector, and a gas supply system, is distinguished in that the capacitive storage element is

switched using a controlled switch. The wire feeder includes a wire deformer, making it possible to straighten wire made of any metal and alloy with various viscosity values and surface roughness. The wire is straightened by multiple bending of the wire in various directions while the wire is being drawn through a frame rotating about the axis of the wire, said frame having special rings or rollers with guide grooves located at various distances from the axis of the frame, serving as supports for the wire. Due to the low friction, the number of rings or rollers and their distance from the axis can be changed. Since the rotational rate of the frame can be changed, the deformer does not limit the feed rate of the wire into the chamber and the powder does not contaminate the material with impurities. The deformer was successfully tested with wires made of Al, Fe, Cu, Ti, Zr, Ni, W, Mo, and a number of alloys.

Moreover, the powder collection system contains a cyclone and an electrofilter equipped with bins for the powder, as well as a fan and a vortex-type classifier [3] connected by pipes, whereby the classifier contains a concentrating truncated cone and a pipe inside it which supplies the gas with the initial powder from the reactor, and a bin for collecting the large fractions connected to the lower part of the classifier chamber by a pipe equipped with a fastening device. The base of the cone forms a gap with the chamber wall for allowing the large fractions to fall to the bottom of the chamber, while the top of the cone is made in such a way as to form a slit that directs the gas with the powder from the pipe toward the rotor of the classifier.

Figure 1 shows a diagram of the proposed device for producing ultrafine powders of metals, alloys, and chemical compounds of metals. The device comprises an electrical power supply **1**, a capacitive storage element **2**, a switching device **3**, a reactor **4**, a wire feeder with deformer and measuring unit **5**, a classifier with bin **6**, a cyclone with bin for the powder **7**, and electrofilter with bin for powder **8**, a fan **9**, a pipe for returning the gas to the reactor **10**, and a gas supply system **11**.

In the proposed invention, the wire feeder is isolated from the gaseous medium of the exploding wire and is made in the form of a ring for the wire, rollers that draw the wire, and a wire deformer. The wire deformer (figure 2) is made in the form of rings (figure 2a) or rotating rollers **6** with a guide groove **7** (figure 2b) through which wire **3** passes, said rollers being attached to frame **2**, which rotates about the axis along which the wire is drawn. The rings (rollers) are attached to frame **2** on rods **4**, which are attached to frame **2** and move the rings (rollers) to the required distance from the axis of the rotating frame. The position of the rings (rollers) in the frame with respect to its axis of rotation determines the curvature of the wire as it moves through the deformer. The frame with the rings (rollers) is brought into rotation by motor **5**. The rate of rotation of the frame with the rings (rollers) is selected experimentally for each metal. The position of the rings (rollers) in the deformer has the greatest influence on the degree of straightening of the wire. This makes it possible to completely straighten the wire and to insert the wire into the reactor through an opening with a diameter equal to the diameter of the wire. The wire is fed into

the reactor through a seal, which makes it possible to remove the wire feeder from the gaseous medium of the exploding conductor.

Figure 3 shows the classifier. The concentrating cone 1 is a truncated cone. The diameter of its lower base is chosen such that between chamber 2 and the base of the cone a gap 3 is formed that is sufficiently large to allow free passage of the large powder fractions into the lower part of the classifier chamber. The upper part of the cone is made in the form of a slit that is directed toward the rotor of the classifier. The rotor is made to rotate by motor 5. The gas with the initial powder is fed into the cone through a bent pipe 6 which is made such that the axis of its vertical part coincides with the axis of the cone. The position of the cone in the classifier chamber relative to the rotor is selected experimentally for each product in such a way as to provide a high degree of passage of the powder into the cyclone, while retaining high separation efficiency of the large fractions. Attached to the lower part of the chamber is a bin 7 for collecting the large fractions through pipe 8, which is equipped with fastening device 9. In addition, the lower portion of the classifier chamber has nozzles 10 which feed the gas from pipe 10 (figure 1) for lifting to the rotor the ultrafine powder leaving the separation zone with the large fraction.

The device operates in the following manner.

The power supply charges the capacitor to the desired voltage, the feeder continuously feeds wire into the reactor, the wire is straightened in the wire deformer, and the measuring unit measures its length. In the reactor, the wire is placed between two electrodes: a high-voltage electrode insulated from the

reactor housing and a grounded electrode that is connected to the reactor housing. When the wire reaches the high-voltage electrode, a signal is formed in the feeder mechanism by the measuring unit and sent to the switch, which is actuated and the voltage across the capacitor is applied to the exploding conductor. As a result of the capacitor discharge through the conductor in the reactor, the latter explodes, forming a powder. A neutral gas such as argon is pumped into the device to produce powders of active metals. If nitrides or oxides of metals are to be produced, then the corresponding nitrogen-containing or oxygen-containing gas or a mixture of neutral gas with nitrogen or oxygen is pumped into the device.

The powder in the gas stream is carried into the classifier, in which the large fractions are separated and taken to a bin. From the classifier, the powder enters a cyclone, which retains part of the powder in its bin. After the cyclone, the remaining powder follows with the gas stream into an electrofilter, where it settles into a bin. The powder having been removed in the electrofilter, the gas is sent to the inlet of the fan, the outlet of which is connected by a pipe to the reactor chamber. The fan is necessary for producing the required gas exchange rate inside the device (provide the necessary gas flow rate and pressure).

The device was tested by producing aluminum oxide powder. Aluminum wire was used in the process. The device was first placed under a vacuum and then filled with a mixture of argon and oxygen. The gas entered the reactor in accordance with the flow rate. The amount of energy imparted to conductor was



determined by oscillograms of the current through the wire and the specific surface area of the powder by the BET method using a GK-1 gas meter.

The table presents results from tests using the proposed device.

The content of metallic aluminum in all completed powder batches, No. 1-4, did not exceed 0.1 wt-%.

As seen in the table, using the device and classifier of the proposed design and reducing the energy applied to the exploding wire makes it possible to double the specific surface area of the powder that is produced, while reducing the specific energy consumption by a factor of 5 and tripling the productivity of the device by using wire with greater length and diameter, due to the proposed wire deformer. This is done while producing insignificant amounts of waste from the exploded metal, in the form of powder with a particle size of 0.5 to 10  $\mu$ m [omission? frequencies of powders also a product, but for other purposes].

For producing ultrafine powders of metals and alloys, the reduction in energy consumption is not so great, since it is necessary to operate at an energy close to the sublimation energy. However, the increase in productivity remains the same as in the example and the specific surface area of the powder is increased by 30 to 50%.

#### References

1. Chemical Reactor Utilizing Successive Multiple Electrical Explosions of Metal Wires. Rev. Sci. Instr. **41**, No. 6, pp. 854-859, 1970. Russian translation in the journal *Pribory dlya nauchnykh issledovaniy*, 1970, No. 6, pp. 57-62.

2. Patent, Japan, No. 45-52636, 08.03.77, Device for producing powder.

Inventor: N. Sidze.

3. V. Ye. Mizonov, S. G. Ushakov. Aerodinamicheskaya klassifikatsiya poroshkov. Publ.: Khimiya, Moscow, 1989, p. 57, figure 2.7.

### Claim

A device for producing ultrafine powders of metals, alloys, and chemical compounds of metals using electrical wire explosion, comprising an electrical power supply, a capacitive storage element, a switching device, a wire exploder with high-voltage and grounded electrodes, a wire feeder, a powder collector, and a gas supply system, *hereby characterized in that* it is equipped with a wire deformer, a cyclone, and an electrofilter with bins for collecting the powder, a fan, a vortex-type classifier, and a truncated cone placed in the classifier chamber forming a gap between the lower base and the chamber wall, while the upper base of the cone is made in the form of a slit that is directed toward the rotor of the classifier, whereby a pipe is arranged along the axis of the cone for feeding gas with powder from the reactor and a bin for collecting the powder is attached to the bottom of the classifier chamber by means of a pipe with a fastening device and the wire deformer is made in the form of rings or freely rotating rollers with a guide groove attached in a frame, performing a rotating motion about the axis of extension of the wire with the help of pistons, making it possible to move the rings or rollers a given distance from the axis of rotation of the frame.

No. of experiment	d, mm	l, mm	$W/W_s$	$S, m^2/t$	$S^*, m^2/t$	G, kg/h	W, MJ/kg
1	0.76	230	0.24	51.7	100	0.88	5.8
2	0.76	230	0.36	50.2	95	1.15	6.0
3	0.76	230	0.51	43.7	62	1.16	7.8
4	0.45	129	1.72	30.2	30.5	0.38	23.7

Symbols:            d - diameter of exploded wire

l - length of exploded wire

$W_s$  - specific sublimation energy of exploded metal; for  
aluminum  $W_s = J/mm^3$

W - specific surface area of powder produced without using  
classifier

$S^*$  - specific surface area of powder produced in device with  
classifier of the proposed design

Productivity of device, with respect to finished product

W - specific energy consumption.

2093311

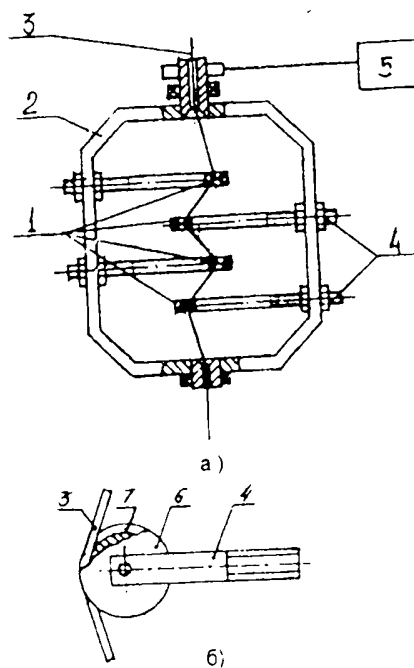
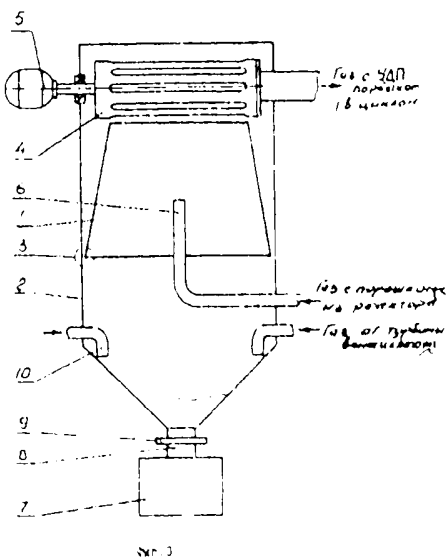


Fig. 2



In figure, right, top to bottom: gas with [illegible] to cyclone; gas with powder to cone; gas from turbine [illegible]

Fig. 3

[Printing information is given at the bottom of the page]